©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

# Phytomassevorrat und Nettoproduktion eines Curvuletums in den Hohen Tauern im Jahr 1975

Von Brigitte Pümpel, Wien

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 3. März 1977 durch das w. M. H. Franz)

Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen

Im Rahmen des MaB-Hochgebirgsprojekts „Hohe Tauern" soll zunächst ein relativ naturbelassenes Ökosystem im Grasheidengürtel des Glocknergebietes produktionsbiologisch untersucht werden. Davon ausgehend ist geplant, bereits stärker anthropogen beeinflußte Grasheiden des Gebietes zu untersuchen und so neben Aussagen über Struktur und Funktion natürlicher Ökosysteme auch die Grenzen ihrer Belastbarkeit zu ermitteln. Einen Beitrag zu diesem Problemkreis sollen auch die 1974 in Angriff genommenen produktionsbiologischen Untersuchungen an einem Curvuletum nahe dem Wallackhaus an der Glocknerstraße liefern.

Im Jahr 1975 konnte erstmals die Entwicklung dieser alpinen Rasengesellschaft über eine ganze Vegetationsperiode verfolgt werden. Ihr Standort und allgemeine Charakteristika ihrer geographischen Lage wurden bereits mehrfach beschrieben (vgl. Franz, 1975, Weiss, 1975). Auch die Methoden zur Erfassung des Bestandesvorrats an Phytomasse, vor allem die Erntemethode, wurden schon vorgestellt (Wagner, 1975, Pümpel, 1975).

Um die Energiebindung im Bestand errechnen zu können, wurden kalorimetrische Untersuchungen am gesammelten Material durchgeführt. Herr Prof. Dr. W. Larcher stellte mir dankenswerterweise das adiabatische Kalorimeter (Fa. Janke & Kunkel) des Instituts für Allgemeine Botanik in Innsbruck zur Verfügung. Über die Arbeitsweise dieses Gerätes berichteten ausführlich Brzoska, 1969, und Schmidt, 1974.

Zur Ermittlung der assimilierenden Bestandesoberfläche je Grundflächeneinheit („Blattflächenindex", „LAI", hier definiert als einseitig gemessene Blatt- und allseitig gemessene Stengeloberfläche aller assimilierenden Phanerogamen pro $m^2$ Bodenfläche)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wurden spezielle Daten herangezogen, die im Sommer 1976 im Rahmen einer Ökosystemstudie erarbeitet wurden (vgl. Pümpel, 1977). Erst Anfang 1976 war es (wegen des akuten Arbeitskräftemangels) möglich, die aus den Ernten vom 28. Mai bis 1. Oktober 1975 ermittelten Daten auszuwerten, die nun im folgenden zusammengefaßt werden sollen.

Der Untersuchungszeitraum von Ende Mai bis Anfang Oktober umfaßt vermutlich fast die gesamte Vegetationsperiode 1975. Vom 28. Mai bis zum 22. Juni, dem zweiten Erntetermin, fiel an insgesamt elf Tagen noch Schnee bzw. Schneeregen (vgl. Weiss, 1976, Met.-Inform.). Anschließend, bis 1. August, wurde nur viermal leichter Schneefall oder Schneeregen verzeichnet — diese Periode war also für die Produktion sehr günstig. Der überwiegend heitere, aber zeitweise stürmische August hatte gegen Monatsende einige Tage mit leichtem Schneefall, und der September war mit Ausnahme des 12. frei von Schneefällen. Um den 10. Oktober setzten dann ergiebige Schneestürme ein, die höchstwahrscheinlich die Produktionsperiode beendeten.

Die erste Ernte fand am 28. Mai statt, also kurz nachdem die Versuchsfläche nach den ergiebigen Schneefällen um Ostern ausgeapert war. Zu diesem Termin hatte nur *Primula minima* aufbrechende Blütenknospen, alle anderen Arten des Curvuletums waren noch im vegetativen Zustand. 25 Tage später — *Primula minima* in Spätblüte, einige *Gentiana*- und *Pulsatilla*-Arten gerade in Blüte und *Loiseleuria procumbens* im Aufblühen — wurde zum zweiten Mal geerntet. Am 1. August blühten *Carex curvula*, *Oreochloa disticha* und *Anthoxanthum alpinum*; *Avenochloa versicolor*, *Festuca* spp., *Leontodon helveticus*, *Phyteuma hemisphaericum* und die *Hieracium*-Arten hatten aufbrechende Knospen bzw. Ährchen. Anfang September hatten die meisten Gräser und auch *Carex curvula* schon zu fruchten begonnen. In Blüte standen noch *Anthoxanthum alpinum*, *Festuca*- und *Hieracium*-Arten, *Senecio carniolicus*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Saponaria pumila*, *Euphrasia minima* und *Juncus trifidus*. Am 1. Oktober fiel eine schwache zweite Blüte von *Primula minima* auf; einige Exemplare von *Saponaria pumila* blühten noch, aber der Großteil der Arten fruchtete oder hatte schon ausgesämt.

Bevor auf die Ergebnisse der einzelnen Phytomassebestimmungen näher eingegangen werden soll, gibt die folgende Tabelle 1 einen Vergleich zwischen dem Deckungsgrad einzelner Bestandeskomponenten und ihrem durchschnittlichen Anteil an der oberirdischen Gesamtphytomasse des Jahres 1975.

Tab. 1: Artenzusammensetzung und Deckungsgrad einzelner Bestandeskomponenten im Curvuletum beim Wallackhaus sowie ihr Anteil an der oberirdischen Gesamt-Phytomasse:

| Bestandeskomponente | Deckungsgrad n. Br.-Bl. | Durchschnittl. Gew.-Anteil in % der o. i. Ges.-Phytomasse |
|---|---|---|
| *Carex curvula* | 3 | 32 |
| *Primula minima* | 2 | 10 |
| *Festuca* spp. | 2 | 3 |
| *Hieracium* spp. | 2 | 2 |
| *Avenochloa versicolor* | 1 | 3 |
| *Pulsatilla alpina* | 1 | 1 |
| *Phyteuma hemisphaericum* | 1 | 1 |
| *Anthoxanthum alpinum* | + | 1 |
| *Leontodon helveticus* | + | 1 |
| *Oreochloa disticha*, *Juncus trif. u. J. jacquinii*, *Luzula sudetica*, *Saponaria pumila*, *Cerastium* spec., *Geum montanum*, *Loiseleuria procumbens*, *Veronica bellidioides*, *Euphrasia minima*, *Antennaria dioica* | + | insgesamt 2 |
| *Agrostis rupestris*, *Luzula* spp., *Polygonum viviparum*, *Silene exscapa*, *Pulsatilla vernalis*, *Potentilla aurea*, *Ligusticum mutellina*, *L. mutellinoides*, *Androsace obtusifolia*, *Gentiana kochiana*, *G. nivalis*, *Campanula barbata*, *C. scheuchzeri*, *Tanacetum alpinum*, *Senecio carniolicus* | | |
| *Minuartia recurva*, *Arenaria* spec., *Myosotis alpestris*, *Phyteuma globulariaefol.* | | |
| *Cetraria* spp. | 4 | 35 |
| *Cladonia* spp. | 1 | 5 |
| andere Flechten | + | 2 |
| Moose gesamt | + | 3 |

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den oberirdischen Phytomassevorrat des Bestandes zu verschiedenen Terminen.

Tab. 2: Oberirdischer Phytomasse- und Streuvorrat des Curvuletums zu verschiedenen Terminen (in g Trockensubstanz pro m²):

| Erntetermin | 28. V. | 22. VI. | 2. VIII. | 31. VIII. | 1. X. 1975 |
|---|---|---|---|---|---|
| Ges. Phytomasse | 745,9 | 752,7 | 805,4 | 798,7 | 761,9 |
| Phanerogamen | 392,6 | 378,5 | 452,8 | 452,5 | 462,8 |
| assimilierend | 57,2 | 91,3 | 186,5 | 159,0 | 104,1 |
| Achsen, n. ass. | 20,4 | 12,8 | 15,7 | 14,9 | 19,2 |
| Infloreszenzen | — | 0,5 | 2,4 | 3,0 | 0,8 |
| anhaftend tot | 315,1 | 273,9 | 248,2 | 275,7 | 338,6 |
| *Carex curv.* leb. | 20,3 | 29,0 | 61,8 | 56,4 | 31,5 |
| *Carex curv.* tot | 224,7 | 194,7 | 178,0 | 207,1 | 243,4 |
| *Prim. min.* leb. | 37,1 | 33,8 | 64,9 | 51,6 | 38,5 |
| *Prim. min.* tot | 44,7 | 30,3 | 29,5 | 30,6 | 28,9 |
| Rest „Gräser" leb. | 9,3 | 13,3 | 28,2 | 24,7 | 29,4 |
| Rest „Gräser" tot | 38,6 | 40,8 | 33,0 | 23,3 | 52,6 |
| Rest „Kräuter" leb. | 10,8 | 28,4 | 49,7 | 44,2 | 24,9 |
| Rest „Kräuter" tot | 7,1 | 8,1 | 7,7 | 14,7 | 13,8 |
| Kryptogamen | 353,2 | 374,2 | 352,6 | 346,2 | 299,2 |
| *Cetraria* spp. | 267,7 | 292,9 | 277,1 | 275,0 | 240,1 |
| *Cladonia* spp. | 44,6 | 36,8 | 42,0 | 36,6 | 29,1 |
| Rest Flechten | 15,3 | 15,0 | 15,6 | 12,5 | 8,7 |
| Moose gesamt | 20,6 | 29,6 | 16,8 | 22,1 | 21,3 |
| Streu | 419,2 | 405,9 | 476,0 | 457,7 | 422,6 |

Abb. 1 stellt die Werte aus Tabelle 2 auszugsweise dar.

In der oberirdischen Gesamt-Phytomasse zeichnet sich ein Stoffgewinn bis Anfang August ab, der von einer Abnahme bis Anfang Oktober gefolgt wird. Während jedoch die Phytomasse der Phanerogamen bis Anfang Oktober ansteigt, sinkt der prozentuale Anteil der Kryptogamen an der Gesamtphytomasse zum Ende der Vegetationsperiode hin ab (von etwa 50 auf knapp 40% der Gesamtphytomasse).

*Carex curvula*, die durchschnittlich fast ein Drittel zur oberirdischen Gesamtphytomasse beisteuert, zeigt bis Anfang August einen deutlichen Zuwachs an lebender Substanz. In der gleichen Zeit nimmt die Masse des „Standing Dead", der anhaftenden Totsubstanz, stark ab. Gegen Ende der Vegetationsperiode kehrt sich dieser Trend um; gerade für diesen Zeitabschnitt ist es äußerst schwierig, die Streuproduktion festzustellen, da vor allem bei *Carex curvula* Aufbau und Absterben grüner Substanz sicherlich gleichzeitig erfolgen; in der Vegetationsperiode 1976 wurde darauf

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

# PHYTOMASSE

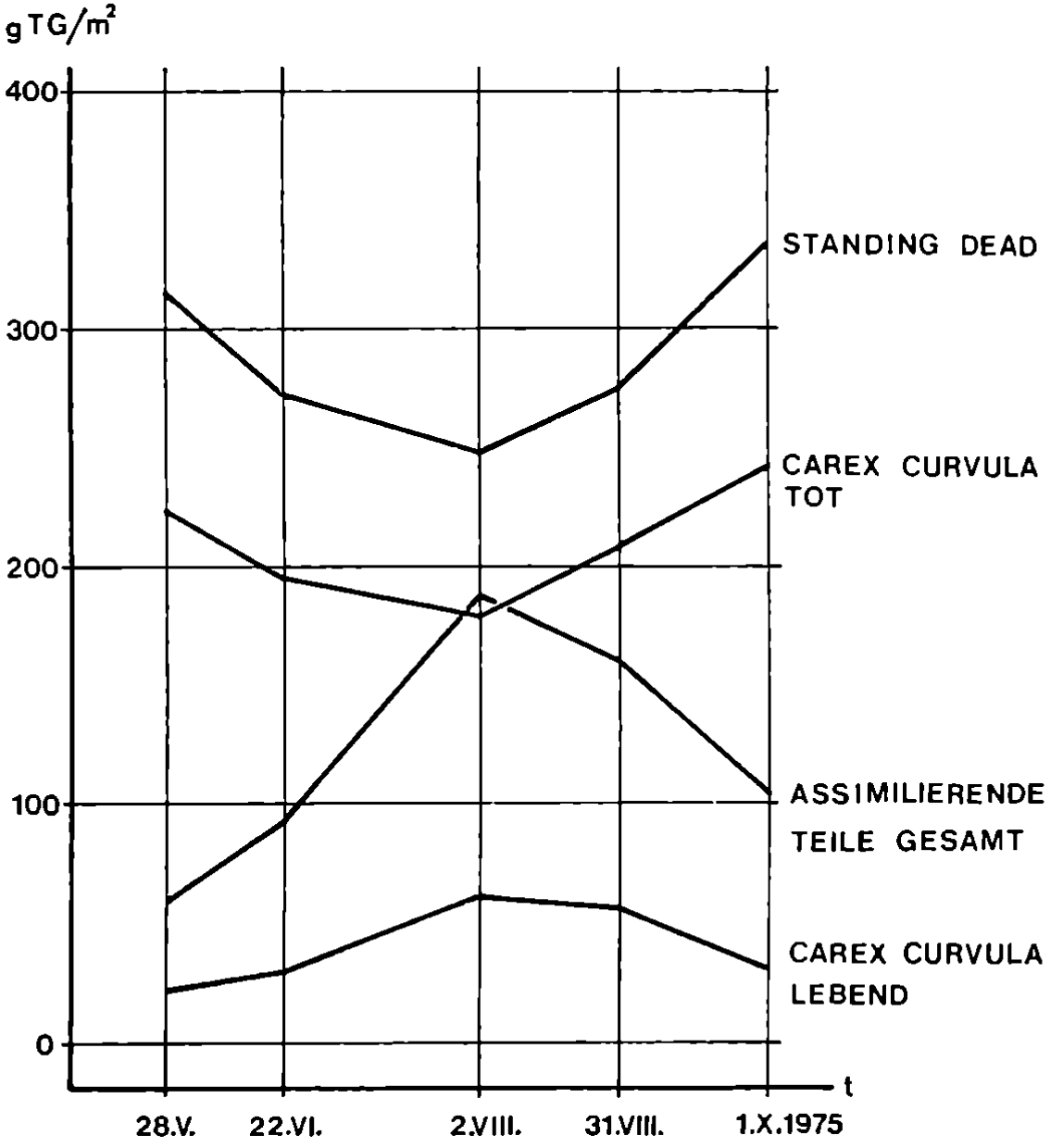
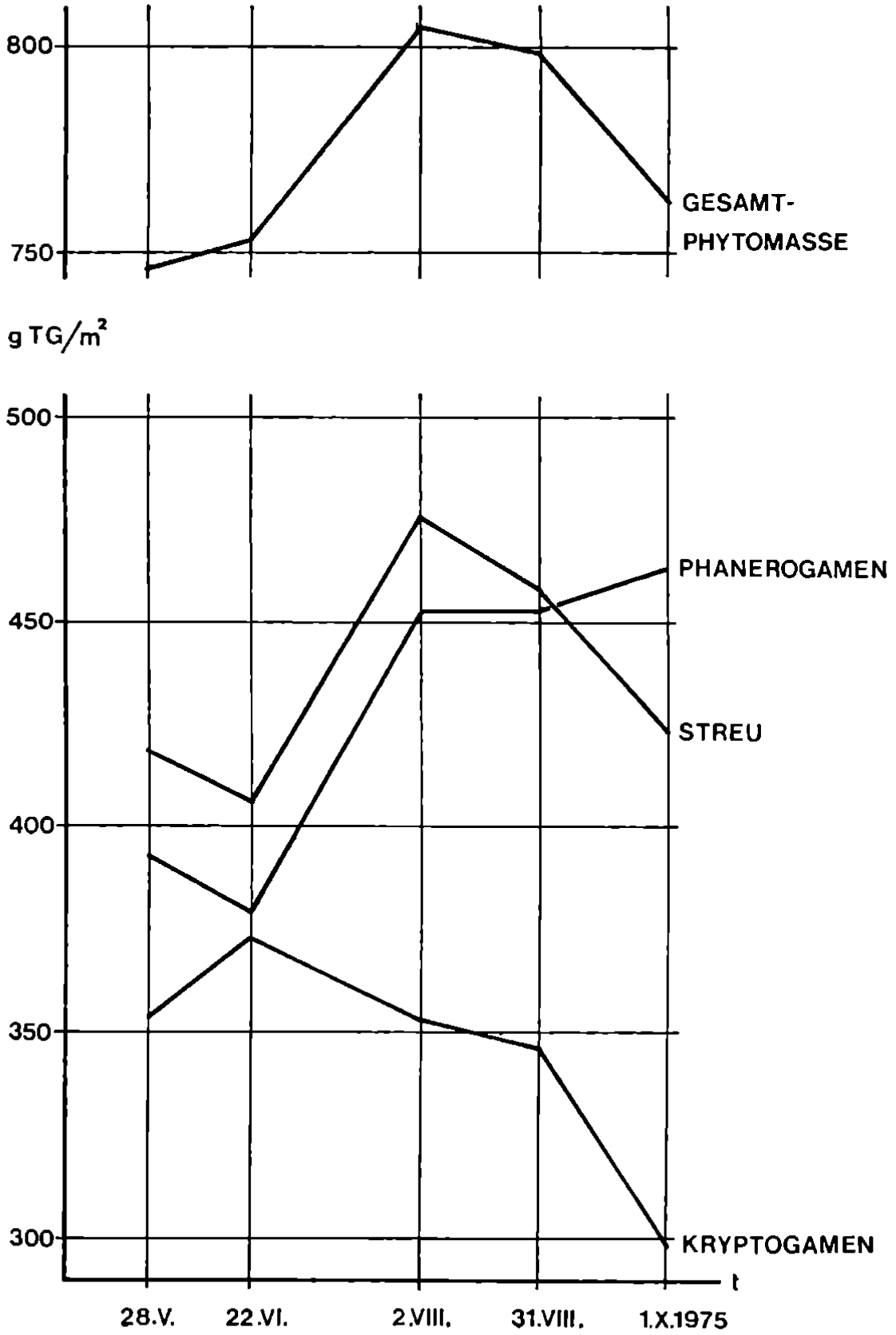



Abb. 1

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at





©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch Markierung und Vermessung von Einzelpflanzen besonders Rücksicht genommen.

Der weitaus größte Teil der Phytomasse ist jedoch unterirdisch:

Tab. 3: Ober- und unterirdische Phanerogamen-Phytomasse des Curvuletums zu verschiedenen Jahreszeiten (Angaben in g Trockensubstanz pro m² bzw. in % der Phanerogamen-Gesamtmasse):

| Termin | 28. V. | 2. VIII. | 1. X. 1975 |
|---|---|---|---|
| oberirdisch | 392,6 = 14,1% | 452,8 = 15,3% | 462,8 = 15,2% |
| Phanerogamen Phytomasse | | | |
| unterirdisch | 2394,4 = 85,9% | 2503,3 = 84,7% | 2583,0 = 84,8% |
| ober- + unterirdisch | 2787,0 = 100 % | 2956,1 = 100 % | 3045,8 = 100 % |
| Sproß-Wurzel-Verhältnis | 1 : 6,1 | 1 : 5,5 | 1 : 5,6 |

Die Ergebnisse der kalorimetrischen Untersuchungen an charakteristischen Pflanzen des Bestandes sind in Abb. 2 auszugsweise dargestellt.*)

Flechten wiesen hiebei einen geringeren Kaloriengehalt auf als Phanerogamen, von denen wiederum die Gräser im Durchschnitt kalorienärmer als die Kräuter waren.

Ein gewisser Jahresgang im Energiegehalt konnte bei *Primula minima* festgestellt werden. Der Kalorienwert ihrer grünen Blätter sank von Mai bis Anfang August um ca. 4% des relativ hohen Ausgangswertes von 5079 Kalorien/g Trockensubstanz. Noch geringer sind die Schwankungen bei *Carex curvula*, und kaum nennenswert bei den Kryptogamen.

Den ermittelten Kaloriengehalten einzelner Bestandskomponenten zufolge ergibt sich, daß der Bestand oberirdisch im Mai ca. 5330 kcal/m², Anfang August ca. 5855 kcal/m² und Anfang Oktober 5450 kcal/m² an Energie vorrätig hat. Davon entfallen im Mai 1983, im August 2232 und im Oktober 1992 kcal/m² auf Streu, der Rest auf alle übrigen oberirdischen Bestandeskomponenten.

Unterirdisch sind 11 622 (Mai), 12 324 (Anf. August) bzw. 12 897 kcal/m² (Oktober) gespeichert. Daher beläuft sich der Gesamtvorrat des Bestandes im Mai auf etwa 16 950 kcal/m², Anfang August auf ca. 18 180 kcal/m² und im Oktober auf ca. 18 350 kcal/m².

*) Die zum Zeitpunkt der Einreichung noch gültige Maßeinheit „Kalorie" ist seit 1. 1. 1978 zu ersetzen durch Joule (1 cal = 4,1868 J).

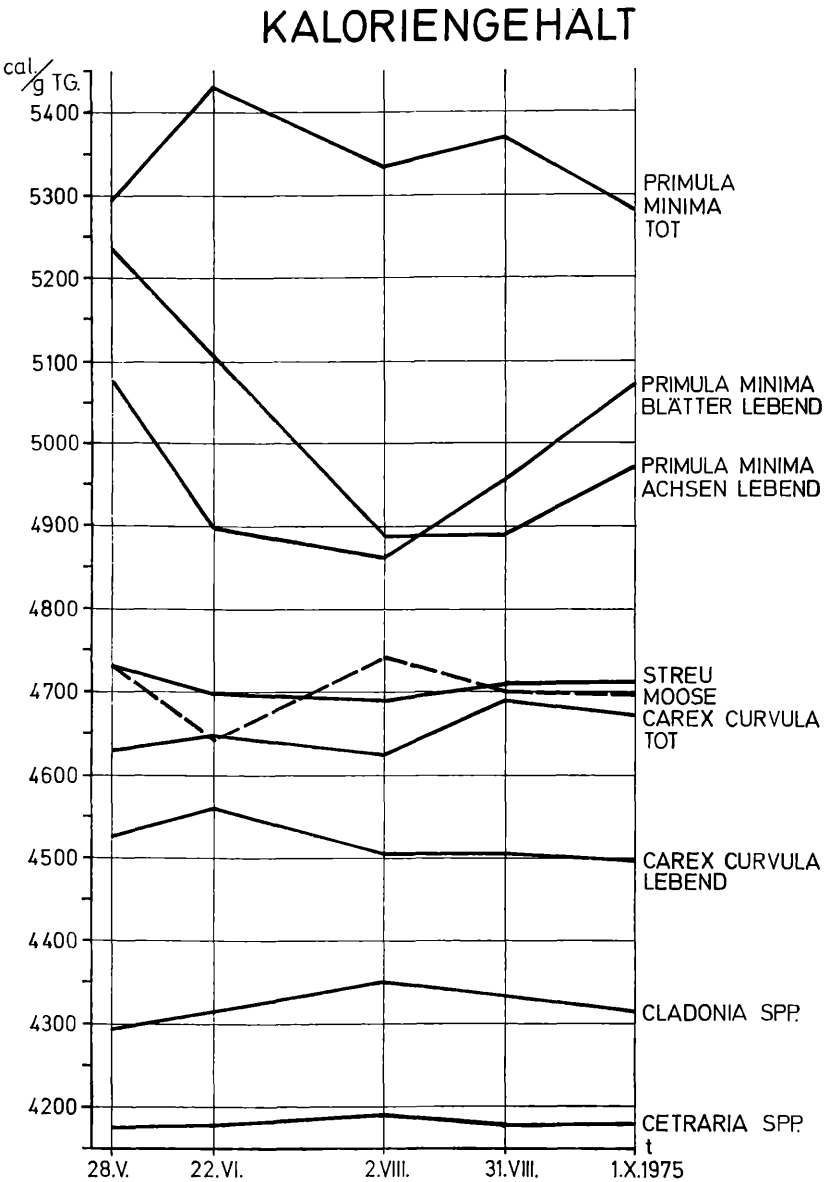

KALORIENGEHALT
cal/g TG.
5400
5300
5200
5100
5000
4900
4800
4700
4600
4500
4400
4300
4200
PRIMULA MINIMA TOT
PRIMULA MINIMA BLÄTTER LEBEND
PRIMULA MINIMA ACHSEN LEBEND
STREU
MOOSE
CAREX CURVULA TOT
CAREX CURVULA LEBEND
CLADONIA SPP.
CETRARIA SPP.
t
28.V.
22.VI.
2.VIII.
31.VIII.
1.X.1975

Abb. 2

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4 gibt schließlich die Nettoproduktion und Produktivität der oberirdischen Anteile der Phanerogamen wieder. Hier sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bislang der Streufall noch nicht exakt erfaßt werden konnte. Folglich sind auch die Produktionsdaten nur Näherungswerte.

Tab. 4: Nettoproduktion und Produktivität der Phanerogamen (oberirdisch) im Curvuletum 1975:

| Produktionsperiode von | bis | Tage | Nettoproduktion (g TS/m²) Phytom.-gewinn | Streufall | Gesamt | Nettoproduktiv. (g TS/m²·d) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28. V. | 22. VI. | (25) | 30,2 | 66,9 | 97,1 | 3,88 |
| 22. VI. | 2. VIII. | (41) | 100,1 | 62,6 | 162,7 | 3,97 |
| 2. | 31. VIII. | (29) | 9,4 | 35,8 | 45,2 | 1,56 |
| 31. VIII. | 1. X. | (31) | 12,8 | 30,5 | 43,3 | 1,40 |
| 28. V. | 1. X. | (126) | 152,5 | 195,8 | 348,3 | 2,76 |

Tab. 5: Blattflächenindex des Bestandes zu verschiedenen Terminen:

| 28. V. | 22. VI. | 2. VIII. | 31. VIII. | 1. X. 1975 |
|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 1,44 | 2,89 | 2,47 | 1,75 |

## Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse:

Der oberirdische Phytomassevorrat des untersuchten Curvuletums schwankte im Jahr 1975 zwischen 7,46 t Trockensubstanz pro Hektar (Mai) und 8,05 t/ha (Ende August). Der Anteil der Kryptogamen an diesem Vorrat ist beträchtlich — er beträgt konstant zwischen 43 und 50% und liegt nur im Oktober ganz knapp unter 40%. Die Hauptmasse der Kryptogamen wird immer von der Gattung *Cetraria* gestellt. In einer „Buckel-Tundra" der russischen IBP-Station Taimyr ist der gesamte oberirdische Phytomassevorrat ähnlich groß wie im hier beschriebenen Curvuletum, doch setzt er sich dort zu ca. 78% aus Moosen und nur zu 0,7% aus Flechten zusammen (Schamurin et al., 1972). Eine ähnliche Kryptogamen-„Garnitur" wie das Curvuletum hat hingegen ein Loiseleurietum auf dem Patscherkofel bei Innsbruck (Schmidt, 1974). Dieser Bestand, der zu 71% aus *Loiseleuria procumbens* besteht, weist immerhin 23,6% der gesamten oberirdischen Phytomasse (768 bis 845 g/m²) als Flechten der Gattung *Cetraria* auf. Die von Cernusca, 1976, untersuchte Glatthaferwiese in 830 m Seehöhe in Tirol hingegen weist oberirdisch ca. 485 und unterirdisch ca. 656 g Phytomassevorrat pro m² auf, wobei der Anteil der Kryptogamen verschwindend gering ist.

Ein Caricetum firmae in den bayrischen Alpen, also ein Pendant des Curvuletums auf Kalk, erreichte nach REHDER, 1976, in der Vegetationsperiode 1973 ein Grünmasse-Maximum von 250 g TS/m² bei einer gleichzeitigen Totmasse von 2900 g/m². Demnach ist der gesamte oberirdische Bestandesvorrat im Firmetum etwa 2,5mal so groß wie im Curvuletum. Während aber der maximale Grünmassevorrat nur etwa 1,4mal größer als im Curvuletum ist, ist an toter organischer Substanz fast 4mal so viel gespeichert wie in der Grasheide in den Tauern. Diese Tatsache sowie die geringe Differenz im Streuvorrat zu Beginn und am Ende der Vegetationsperiode sprechen dafür, daß im Curvuletum die Streu rascher abgebaut wird.

Das durchschnittliche Sproß-Wurzel-Verhältnis liegt im Curvuletum bei ca. 1 6. Nach Angaben von WIELGOLASKI (1972, 1975) wurden ähnliche Werte auch für andere Rasengesellschaften der arktischen oder alpinen „Tundra" ermittelt (1 7 in einer trockenen Wiese in Norwegen, 1 11 in einer Seggenheide in Kanada, 1 9,5 in einem russischen Seggenrasen).

Der Energievorrat in einzelnen Bestandeskomponenten des Curvuletums ist durchaus vergleichbar mit Werten anderer alpiner Arten (vgl. SCHMIDT, 1974, LARCHER et al., 1973). Auch die Tatsache, daß Flechten kalorienärmer sind als Phanerogamen desselben Standorts, wurde schon oft beobachtet (BRZOSKA 1969). *Ranunculus glacialis* und *Primula glutinosa* konnten nach Untersuchungen von BRZOSKA, 1969, in der Nivalstufe jedoch selbst unter günstigen Standortsbedingungen niemals Werte von 5000 cal/g TS erreichen, wie sie sowohl von *Primula minima* im Curvuletum als auch vor allem von der fettspeichernden *Loiseleuria procumbens* aus dem Zwergstrauchgürtel bekannt sind (LARCHER et al., 1973).

Der Bestandesvorrat an Energie beläuft sich im Curvuletum auf ca. 17 000 bis 18 350 kcal/m². Dies liegt knapp unter den von LARCHER et al., 1973, veröffentlichten Werten aus einer Vaccinienheide in 1980 m MH und um etliches unter dem Maximum einer Loiseleuriaheide in 2000 m MH, das mehr als 22 000 kcal/m² beträgt. Nach RUNGE, 1973, hatte eine ungedüngte Wiese im Solling 1969 zum Zeitpunkt des zweiten Schnittes einen Energievorrat von 5310 kcal/m². (Insgesamt liegt der Wert sicherlich höher!)

Die höchste Nettoproduktion an oberirdischer Phytomasse fiel im Curvuletum 1975 in die Zeit von Ende Juni bis Anfang August. In dieser Zeit wurden 100,06 g Trockensubstanzzuwachs pro m² verzeichnet sowie ein Streufall von 62,68 g errechnet. Das

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

entspricht einer Netto-Produktivität von 3,97 g pro Tag. Nach Erreichen des Phytomasse-Höchststandes Anfang August sinkt die Produktivität auch ab, und zwar auf 1,56 g/m² · d bis Ende August bzw. 1,4 g/m² · d bis Anfang Oktober. Der Blattflächenindex (LAI) der Phanerogamen ist gleichlaufenden jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen: Er steigt ab Beginn der Vegetationsperiode (1,0) bis zum Biomasse-Maximum (2,89) und sinkt mit dem Ansteigen des „Standing Dead" auf 1,75 zum Ende der Vegetationsperiode hin. Diese Werte sind sehr niedrig im Vergleich zu anderen grasreichen Beständen. Wiesen haben nach Geyger, 1964, im allgemeinen zwischen 5 und 16 m² (einseitig gemessene Blatt- und allseitig einbezogene Stengel-)Oberflächen pro m² Grundfläche. Vareschi (1951) ermittelte an einem artenarmen montanen Arrhenateretum 11,55 m² assimilierende Gesamtoberfläche pro m² Boden. Untersuchungen an einer 90 cm hohen Glatthaferwiese in 830 m MH (vgl. Cernusca, 1976) ergaben einen LAI (projizierte assimilierende Oberfläche!) von ca. 6,8. Zieht man die geringe Bestandshöhe der in die Berechnung eingehenden Phanerogamen im Curvuletum in Betracht, die maximal 16 cm beträgt, dann erklärt sich der niedrige LAI von selbst.

In den 126 Tagen der Untersuchungsperiode wurde insgesamt ein Phytomassezuwachs der Phanerogamen von 152,5 g/m² verzeichnet und zusätzlich ein Streufall von 195,8 g/m² errechnet. Die jährliche Netto-Primärproduktivität des Curvuletums betrug also im Jahr 1975 insgesamt 3,5 t/ha. Während der Vegetationsperiode wurden durchschnittlich pro Tag 2,76 g Trockensubstanz auf 1 m² produziert. Nimmt man das ganze Jahr als Bezugsbasis, so sind es täglich nur 0,95 g/m².

Die Produktion alpiner Grasheiden auf Kalkstandorten in den Bayrischen Alpen ist in etwa mit der des Curvuletums vergleichbar (Rehder, 1976). Ein Caricetum firmae in 2160 m MH verzeichnete einen Stoffgewinn von 100 g/m², ein Seslerio-Semperviretum in 2150 m MH das Doppelte. Die Produktion des Curvuletums liegt also durchaus in derselben Größenordnung. Ähnlich produktiv ist nach Wielgolaski, 1975, eine trockene Wiese in Norwegen, die im IBP-Zentrum Hardangervidda untersucht wurde. Sie produzierte in der Vegetationsperiode oberirdisch durchschnittlich 2,3 g pro m² und Tag.

Auf lange Sicht verzeichnet das Curvuletum jedoch sicherlich keinen Stoffgewinn; die jährlich produzierte Substanz wird nämlich in Form von Streu wieder abgeworfen. Ähnlich wie die alpinen Zwergstrauchheiden (Larcher et al., 1973) oder die von Scott und

BILLINGS (1964) untersuchten alpinen Rasengesellschaften ist auch dieses Curvuletum ein Bestand ohne Tendenz zur Expansion; die Streuproduktion scheint also auch hier der einzige Gewinn an organischer Substanz zu sein, mit Hilfe dessen der Stoffkreislauf aufrecht erhalten wird.

## Literatur

BRZOSKA, W. (1969): Stoffproduktion und Energiehaushalt der Vegetation auf hochalpinem Standort unter besonderer Berücksichtigung von Ranunculus glacialis L. Dissertation Innsbruck.

CERNUSCA, A. (1976): Energy exchange within individual layers of a meadow. Oecologia (Berl.), 23: 141—149.

FRANZ, H. (1975): Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm — Arbeitsgebiet Hohe Tauern. Bericht über Entstehung und organisatorischen Aufbau. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 6. bis 7. Heft, 98—101.

GEYGER, E. (1964): Methodische Untersuchungen zur Erfassung der assimilierenden Gesamtoberflächen von Wiesen. Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich, Stiftg. Rübel, 35: 41—112.

LARCHER, W., A. CERNUSCA & L. SCHMIDT (1973): Stoffproduktion und Energiebilanz in Zwergstrauchbeständen auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. In: H. ELLENBERG (Ed.): Ökosystemforschung. Springer, Berl. Hdbg. N. Y., pp. 175—194.

LARCHER, W., L. SCHMIDT & A. TSCHAGER (1973): Starke Fettspeicherung und hoher Kaloriengehalt bei Loiseleuria procumbens (L.) Desv. Oecol. Plant. 8 (4): 377—383.

PÜMPEL, B. (1975): Bericht über den Stand der produktionsbiologischen Untersuchungen im Gebiet des Wallackhauses/Großglockner. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 6. bis 7. Heft, 113—119.

— (1977): Bestandesstruktur, Phytomassevorrat und Produktion verschiedener Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe im Glocknergebiet. In: CERNUSCA, A. (Ed.): Alpine Grasheide Hohe Tauern. Ergebnisse der Ökosystemstudie 1976. Veröff. Österr. MaB-Hochgeb.-Progr. „Hohe Tauern", Bd. 1, Wien 1977.

REHDER, H. (1976): Phytomasse- und Nährstoffverhältnisse einer alpinen Rasengesellschaft (Caricetum firmae). In: P. MÜLLER (Ed.): Verh. GfÖ, Wien 1975, Junk, Den Haag, pp. 93—99.

RUNGE, M. (1973): Der biologische Energieumsatz in Land-Ökosystemen unter Einfluß des Menschen. In: H. ELLENBERG (Ed.): Ökosystemforschung, Springer, Berl. Hdbg. N. Y., pp. 123—141.

SCHAMURIN, V. F., T. G. POLOZOVA & E. A. KHODACHEK (1972): Plant biomass of main plant communities in the Tareya Station (Taimyr). In: WIELGOLASKI, F. E. & ROSSWALL, Th. (Eds.): Proc. IV. Intern. Meeting on the Biol. Productivity of Tundra, Leningrad 1971.

SCHMIDT, L. (1974): Stoffproduktion und Energiehaushalt von alpinen Zwergstrauchgesellschaften. Dissertation Innsbruck.

SCOTT, D. & W. D. BILLINGS (1964): Effects of environmental factors on standing crop and productivity of an alpine Tundra. Ecol. Monogr. 34, 243—270.

VARESCHI, V. (1951): Zur Frage der Oberflächenentwicklung von Pflanzengesellschaften der Alpen und Subtropen. Planta 40, 1—35.

WAGNER, H. (1976): Botanisch-ökologische Untersuchungen im Glocknergebiet. In: P. MÜLLER (Ed.): Verh. GfÖ, Wien 1975, Junk, Den Haag, pp. 37—40.

WEISS, E. (1975): Bericht über die Vorarbeiten und den Meßbeginn im Projektteil „Meteorologie" des MaB-Hochgebirgsprogramms. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 6. bis 7. Heft, 103—111.

— (1976): Der tägliche Witterungsablauf an der MaB-HOE-Station Nr. 6, Wallackhaus an der Großglockner-Hochalpenstraße, vom 1. Jänner bis 31. Dezember 1975. MaB-HOE, interne Met.-Information 2/1—2.

WIELGOLASKI, F. E. (1972): Vegetation types and primary production in Tundra. In: WIELGOLASKI, F. E. & ROSSWALL, Th. (Eds.): Proc. IV. Internat. Meeting on Biol. Prod. of Tundra, Leningrad 1971.

— (1975): Primary production of Tundra. In: COOPER, J. P. (Ed.): Photosynthesis and productivity in different environments. IBP-Rep. 3, Cambridge Univ. Press.